

## Egy erodált csernozjom termékenységének és trágyázásának vizsgálata

PUSZTAI ANTAL

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Az állandóan ható normál- vagy geológiai erózió mellett, az emberi tevékenység hibái következtében széles körben elterjedt jelenség ma az erózió és defláció. Az elfolyó víz és a szél által lepusztult talaj termékenysége 20—60 %-kal [1] csökken, ugyanakkor az elhordott talaj — másutt lerakva — csökkent a termést, szennyezi a környezetet. Annak szemléltetésére, hogy milyen mértékben szennyezi az erózió az emberi környezetet, a folyó- és állóvizeket, és ez a növényi tápanyag milyen mértékű mozgásával, átrendeződésével jár, megemlítünk néhány kevésbé ismert adatot.

BENNETT [4] és DORST [6] adatai szerint az erózió következtében a világ különböző részein összesen kb. 430 millió hektár terület vált mezőgazdasági művelésre alkalmatlanná, ami a föld jelenleg művelt területének kb. 1/3 része. HORNING [7] adatai szerint az eróziós folyamatok következtében évente 53 millió tonna talaj rombolódik, s ezzel 2 millió tonna humusz és 3 millió tonna foszfor megy veszendőbe.

OLSON [12] szerint a természetes vizek tápanyag-szennyezésének első fokú forrása az erózió. WADLEIGH [19] és PHILLIPS [13] adataiból kitűnik, hogy a Mississippi évente mintegy 400 millió tonna szilárd anyagot, félmillió tonna talajerózióból származó nitrogént és háromnegyed millió tonna foszfort szállít a Mexikói-öbölbe.

A Volga Kujbisevnél 35 millió tonna lebegő részecskét visz magával (POLJAKOV [14]). SZOBOLJEV [16, 17] közli, hogy az öt délnek tartó legnagyobb orosz folyó évi 47 millió tonna eróziós terméket szállít. Figyelembe véve, hogy a folyókat és tavakat a megmozgatott talajrészecskéknél csak kb. 1/3-a éri el, könnyen felbecsülhető, hogy csak a tavaszi hóolvadás idején az öt folyó vízgyűjtő területén 1500—1800 millió tonna szilárd talajrészecske, 3,6 millió tonna nitrogén, 1,8 millió tonna foszfor, 12 millió tonna kálium és még sok más szerves és szervetlen anyag területi átrendeződése megy végbe.

Amerikai számítások szerint a harmincas években az USA-ban az erózió hatására olyan tápanyagvesztés következett be, amely megegyezett az egész terméssel kivont összes tápanyag mennyiségével (LIPMAN és CONIBEAZE [11]).

Az elmondottak alapján is nyilvánvaló, hogy erősen erodálódó körzetekben, országokban, a műtrágyaipar termelésének jelentős része, egyrészt az erózió következtében örökre veszendőbe ment tápanyagokat van hivatva pótolni, másrészt a csökkent termékenyséű talajok termékenység-kiesését kell hogy fedezze. Hozzávetőleges becslés alapján ez a mennyiség elérheti a műtrágyatermelés 1/3—1/4-ét (SZU, USA).

Az erózió következtében mozgásnak indult talaj- és tápanyagok másutt lerakódva (szedimentáció) kipusztítják a növényzetet, vagy nyílt vizekbe

jutva megbontják azok tápanyag- és biológiai egyensúlyát, s nemegyszer eutrofizálásukhoz vezetnek [2, 3, 5, 15]. Az oldott és talajrészecskéken adszorbeált tápanyagok a folyókba és tavakba jutva kiválthatják a zöldalgák nagymérvű elszaporodását, melyek pusztulása és elbomlása a víz oxigéntartalmának jelentős csökkenésével jár, ami viszont a vízben élő magasabb rendű állatok (pl. halak) tömeges pusztulását vonhatja maga után. A helyzet tovább romlik, ha az elfolyó víz különböző vegyszerekkel (műtrágya, biocidok) kezelt területről származik. Ilyenkor a halakban és egyéb vízi élőlényekben az emberi egészségre ártalmas mennyiségű káros vegyianyagok halmozódhatnak fel.

Az erodált talajok tápanyagtartalmának változásával és trágyázásával kapcsolatos irodalmat a közelmúltban foglaltuk össze (PUSZTAI, [15]), ezért most inkább e jelenségnek a bioszféra egyensúlyára gyakorolt hatásával foglalkoztunk.

Az újabb eredmények közül csak TATEVOSZJAN és VALDES [18] eredményeit említjük, akik kimutatták, hogy azokban a talajokban (I), ahol a földpátok nagyobbik része plagioklász volt, a mechanikai frakciók méretének csökkenésével, csökkent a felvehető foszfor- és nőtt a felvehető kálium mennyisége.

Azokban a talajokban (II), ahol montmorillonit típusú agyagásványok voltak az uralkodók, a finomabb részecskék tartalmaztak több felvehető foszfort és káliumot. A mechanikai részecskék méretének csökkenésével az összes  $P_2O_5$  mindkét esetben növekedett, a kálium pedig csökkent.

A humusztartalom csökkenése az I. csoportba tartozó talajokban növelte, a II. csoportban csökkentette a felvehető  $P_2O_5$  mennyiségét, a felvehető kálium mindkét esetben kevesebb lett.

Az I. csoportba tartozó talajban az erodáltság mértékének növekedésével emelkedett, a II. csoportba tartozók esetében csökkent a felvehető  $P_2O_5$  mennyisége. A felvehető  $K_2O$  mindkét talajcsoportban csökkenő tendenciát mutatott.

### A vizsgálatok körülményei és módszerei

Vizsgálatainkban annak az űrnek — legalább részleges — átfedését tűztük ki célul, mely az erodált talajok agrokémiai sajátosságainak alapos ismeretében, s ebből kifolyólag e talajok tápanyag-utánpótlása és tápanyag-egyensúlyának kialakításában — különösen hazánkban — még mindig fennáll.

E célból a rendelkezésre álló lehetőségek között részletes talaj- és növényvizsgálatokat végeztünk csernozjom talajokon. A vizsgálatokhoz szükséges talajt a Szovjetunió tambovi területének „18. Pártkongresszus”-ról elnevezett kolhozában gyűjtöttük be. A talajok 3 eróziós fokozatot képviseltek; a) = nem erodált, mélyrétegű, típusos csernozjom a vízválasztón, könnyű vályogtalaj, aprómorzsás és morzsás szerkezettel.  $A_{sz}$  és AB szint együttes vastagsága 60 cm. b) = 3–5%-os lejtőn, közepesen erodált csernozjom, szemcsés és nagyszemcsés szerkezetű, középkötött vályog.  $A_{sz}$  és AB-szint együttes vastagsága 56 cm, az alján jól kifejezett fokozatos átmenettel a barnás B-szintbe. c) = 8%-os lejtőn, erősen erodált csernozjom.  $AB_{sz}$  0–18 cm, enyhén humuszos,  $B_1$ -szinttel részben kevert, morzsás, középkötött vályog. Alatta világosbarna BC-szint. 68 cm-től lefelé C-szint.

A típusos csernozjom e három eróziós fokozatának szántott rétegéből

1973 tavaszán talajmintákat gyűjtöttünk be részben kémiai vizsgálatok, részben szabadföldi mikrovegetációs kísérletek beállítása céljából.

A trágyázási kísérletet 5 sorozatban, véletlen blokk elrendezésben, első évben tavaszi árpa jelzőnövényvel 5–5 kg talajt tartalmazó edényekben állítottuk be. A kísérlet második évében hajdínával egyszerű utóhatás vizsgálatot végeztünk. Az 1973. májusában beállított trágyázási kezelések mindhárom eróziós talajváltozaton a következők voltak: 1. Trágyázatlan kontroll, 2.  $N_1K_1$ , 3.  $P_1K_1$ , 4.  $N_1P_1K_1$ , 5.  $N_2P_1K_1$ , 6.  $N_1P_2K_1$ .

A trágya adagja a 4. kezelésben N:P:K, 1:1:1 arányban, talaj kilogrammonként 150 mg hatóanyagnak ( $NH_4NO_3$ ;  $Ca(H_2PO_4)_2$ ; KCl) felelt meg. A föld feletti termés adatait talajonként külön-külön, majd a 3 talajra együttesen, variancia-analízissel értékeltük. A N- és P-hatás kimutatására másodfokú regressziót illesztettünk, melyek lineáris és quadratikus komponenseit beépítettük az eredmény-táblázatokba. A N-hatásgörbét  $P_1K_1$  alapon, a P-hatásgörbét,  $N_1K_1$ -alapon számítottuk.

A kísérlet beállításakor, valamint az aratáskor meghatároztuk a tenyész-edények talajának felvehető  $P_2O_5$ - és  $K_2O$ -tartalmát. A makro tápanyagokat (N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) a föld feletti száraz termésben is meghatároztuk. Az említetteken kívül, pirofoszfátos előkészítés után mechanikai összetétel, pH-, humusz [1], humusz-minőség (Hargitai módszerével) stb. vizsgálatokat végeztünk.

Külön megemlítjük a talaj ásványi nitrogénjének és a növények N-tartalmának meghatározására alkalmazott módszereket. KUDEJAROV [8, 9, 10] szerint a nitrátokat és a kicserélhető ammóniát egy kivonatból, fenolát hipoklorit reakcióval állapítják meg. Alkalmazása különösen karbonátos talajokon előnyös. A kötött ammónia-N (fixed ammonium) meghatározása a talaj 24 órás 2 n HF + 1 n HCl-val való kezelése után, ugyancsak a fenolát hipoklorit reakció alapján az  $NH_4^+$  kolorimetrikus mérésén alapszik. A növények összes N-tartalmának meghatározása szintén fenolát hipoklorittal történt a szerves anyagnak Fe és Zn-por jelenlétében, 1:2 hígítású  $H_2SO_4$ -val történő roncsolása után.

### A talajvizsgálatok eredményei

Az erodált talajok egyik legfontosabb és osztályozásuk szempontjából is jellemző sajátossága a humusztartalom változása (1. táblázat). A humusz mennyiségének, minőségének változása kétségtelenül nagymértékben meghatározza a talaj sok tulajdonságát, a trágyázás hatékonyságát s effektív termékenységét.

A típusos csernozjomokra jellemző 60–80 cm-es humuszos szint az erózió hatására elvékonyodik s így a szántott réteg humusztartalma igen jelentősen csökken. Az erodáltság mértékétől függően 20, 40, 60 cm, sőt még nagyobb-mérvű csökkenés is megfigyelhető. A nem erodált csernozjom %-os humusztartalmát 100-nak véve, az erősen erodált talajban a humusz mennyisége csak a 19,2%-ot éri el, vagyis a csökkenés több mint 80%.

Csökken a huminsavak mennyisége s viszonylag nő a fulvósavaké. A humusz mennyisége és optikai sűrűsége alapján megállapított humusz-stabilitási számok (1. ábra) is erről tanúskodnak. A közepesen és erősen erodált talajok közti különbség általában nem nagy, s azt mutatja, hogy az erodált változatok talajában a huminanyagok kisebb molekulásúlyú, erőbben diszpergált állapotban vannak jelen.

1. táblázat

## Csernozjom talajok humusz- és tápanyagtartalma az erodáltság mértékétől függően

(1) Erodáltság mértéke	(2) Hu- muzs %	(3) Összes N %	C %	C : N	(4) Csirikov szerint 0,5 n CH <sub>3</sub> COOH		(5) AL-módszerrel	
					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
					mg/100 g talaj			
a) Nem erodált	6,57	0,240	3,88	16,2	10,2	14,4	11,0	29,6
b) Közepesen erodált	4,26	0,167	2,36	14,1	4,3	12,3	7,0	22,0
c) Erősen erodált	1,26	0,105	0,76	7,2	2,3	11,7	8,6	18,4

Lényegében a humusztartalom csökkenésével arányosan csökken az összes nitrogén mennyisége. Ez azonban nem felel meg teljesen a valóságnak. Mint az 1. táblázat adataiból látható, az erodáltság fokozódásával a C:N arány lényegesen szűkül.

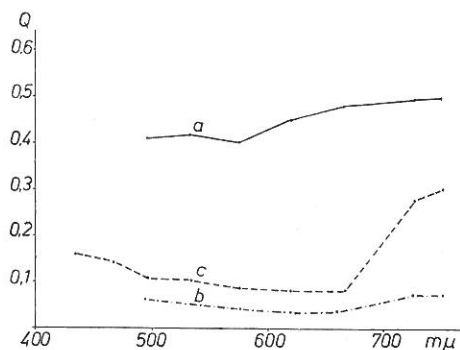
Az agyagásványok felszínén labilisán kötött és kristályrácsai közé tartósan bezárt kötött ammónia-N mennyisége (2. táblázat) az erodáltság függvényében, az összes nitrogénhez (1. táblázat) képest csak kis mértékben változik.

Mint ismeretes, a talaj humusztartalma bizonyos esetekben a talajtermékenység integrált mutatója, mivel vele szoros összefüggést mutatnak a talaj szerkezetessége, fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai stb. Ezért a humusztartalom s a vele kapcsolatos nitrogén mennyiségének ismerete, bizonyos mértékű felvilágosítást nyújt a trágyázatlan talajok effektív termékenységére, nitrogéntrágya-igényére és esetenként — erodált talajokon — a termés-programozás alapjául is szolgálhat.

Az erodált talajok felvehető foszfortartalma (1. táblázat) általában kisebb, mint a nem erodáltaké. Ez elsősorban azzal függ össze, hogy a felvehető foszfor

mennyisége a szelvényben felülről lefelé csökken, s az erodáltság következtében a szántott rétegbe mindig újabb — az alsóbb, szegényebb rétegekből származó — talaj kerül. A talaj foszforvegyületeinek esetenként a fele, szerves vegyületekhez kötött, s a szervesanyag-tartalom csökkenésével az eróziós termékek között ez is veszendőbe megy s így az erodáltabb — szerves anyagokban szegényebb — talaj foszfortartalmának csökkenése nyilvánvaló.

A foszforvegyületek más része ásványi alakban fordul elő, s különösen karbonátokban gazdag talajokon a növények számára nehezen felvehető állapotban van jelen. Ez



1. ábra

Csernozjom talajok humuszminősége. a) Nem erodált. b) Közepesen erodált. c) Erősen erodált

2. táblázat

Csernozjom talajok ásványi nitrogéntartalmának megoszlása az erodáltság mértékétől függően

(1) Erodáltság mértéke	(2) Kicsérélhető $\text{NH}_4^+ - \text{N}$	(3) Kötött $\text{NH}_4^+ - \text{N}$	$\text{NO}_3 - \text{N}$	(4) Összes ásványi N
	mg/100 g talaj			
a) Nem erodált	1,0	20,00	0,28	21,28
b) Közepesen erodált	0,6	18,40	0,24	19,24
c) Erősen erodált	0,6	18,90	0,10	20,00

a magyarázata annak, hogy a felvehető  $\text{P}_2\text{O}_5$  mennyisége (lásd 1. táblázat) mind a *Csirikov*-féle, mind az AL-módszer szerint meghatározva, az erodáltság fokozódásával jelentősen (az „összes-N”-nél nagyobb mértékben) csökken.

Szovjetunióban a csernozjom talajokra ajánlott *Csirikov*-féle módszer szerinti csökkenés megközelíti a 75%-ot. Az AL-módszerrel meghatározva, a csökkenés mértéke kisebb. Adatainkat alátámasztják a 3. táblázat  $\text{CaCO}_3$ -ra vonatkozó eredményei is. A felvehető  $\text{P}_2\text{O}_5$  mennyiségének ilyen arányú csökkenése e talajok erős foszfortrágya-igényére utal.

3. táblázat

A vizsgált csernozjom talajok kémiai tulajdonságai

(1) Erodáltság mértéke	pH		hy	CaCO <sub>3</sub>	(2) Kicsérélhető kationok		S	T	T - S	v %
	H <sub>2</sub> O	KCl	%	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>					
mgé / 100 g talaj										
a) Nem erodált	6,6	6,2	4,3	—	41,0	7,0	50,6	77,6	27,0	65,2
b) Közepesen erodált	7,9	7,2	4,1	14,4	47,5	4,8	55,2	64,9	9,7	85,1
c) Erősen erodált	7,9	7,3	3,8	20,5	36,0	3,2	41,1	46,5	5,4	88,5

A talajok káliumtartalmának nagyobbik része szervesetlen vegyületekhez kötődik, jelentős része az agyagásványok felszínén adszorbeálódik, ill. azok kristályrácsai közé van bezárva, ezért viszonylag kevésbé mozog a talajban. A talajok káliumkészletének kb. 90%-a a növények számára nehezen felvehető állapotban található, ezért az erodáltság mértékétől függően — a felvehető nitrogénnel és foszforral szemben — csak kisebb mértékben változik. Mint az 1. táblázat megfelelő adatai mutatják, vizsgált csernozjom talajaink káliummal eléggé ellátottak s az erodáltság fokozódásával csökkenő tendenciát mutatnak.

Csernozjom talajok többségének uralkodó agyagásványa a montmorillonit. TATEVOSZJAN és VALDES [18] már említett adatai és saját vizsgálati eredményeink megegyeznek abban, hogy az erodáltság mértékének növekedésével mindkét módszer szerint csökken a felvehető  $\text{P}_2\text{O}_5$  és  $\text{K}_2\text{O}$  mennyisége, és mint

## 4. táblázat

## Csernozjom talajok mechanikai összetétele (pirofoszfátos előkészítés)

(1) Erodáltság mértéke	(2) Mechanikai frakció mm %-ban						(3) Fizikai	
	1— 0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,005	0,005— 0,001	<0,001	homok	agyag
							%	
a) Nem erodált	0,49	4,95	37,20	11,60	19,68	26,08	42,64	57,36
b) Közepesen erodált	0,55	10,05	39,44	13,40	16,60	19,96	50,04	49,96
c) Erősen erodált	0,66	5,14	39,84	12,60	21,84	19,92	45,64	54,36

a 4. táblázat adatai mutatják, az erodáltabb talajokban csökken az agyag-frakció részaránya, ami szerintük ugyanilyen irányba hat.

A 3. táblázatban közölt egyéb kémiai tulajdonságokra vonatkozó adatok azt mutatják, hogy erodált csernozjom talaj pH értéke magasabb, ami tükrözi a karbonátok mennyiségének növekedését is.

Mint a 3. táblázatból látható, a kicserélhető kationok mennyisége az erodáltsággal nem mutatott összefüggést. Viszont az erősebben erodált talajban mind az adszorpciós kapacitás, mind a T—S-érték kisebb. Az adszorpciós kapacitás csökkenése nyilvánvalóan összefügg az erózióval, a kisebb humusztartalommal, a kisebb agyagmennyiséggel, a szerves- és ásványi kolloidok csökkenésével, melyek az erózió következtében a szántott rétegből eltávoztak. Mint adataink mutatják az erodáltság fokozódásával nőtt a csernozjomok telítettsége.

Az erózió megváltoztatja a talajok mechanikai összetételét is. A vizsgált csernozjomokban az erodáltság fokozódásával nőtt a durvább- és csökkent a finomabb szemcsecsoportok részaránya (4. táblázat).

#### Az erodált csernozjomok termékenységének változása trágyázás hatására

A módszertani részben leírtak szerint beállított trágyázási kísérletünk növényállománya mindkét évben már a vegetáció kezdetén utalt a nitrogén- és foszfortrágyázás várható nagy hatékonyságára. A nitrogén-, ill. foszformentes kezelésekben — nem beszélve az abszolút kontrollokról — határozott hiánytüneteket figyelhetünk meg. A növények színben, bokrosodásban, magasságban és az érés ütemében is erősen eltértek mind a trágyázási, mind az erodáltsági fokozatok szerint. A közepesen- és erősen erodált talajokon, főleg a nitrogén nélküli kezelésekben, pl. 4—5 nappal késett az érés.

Nagyadagú trágyázás esetén a növekedésben és fejlődésben mutatkozó különbségek részben elmosódtak.

A vegetáció alatt megfigyelt különbségek megmutatkoznak a termésadatokban is (5. táblázat). A trágyázatlan kezelések effektív termékenysége igazolja a talajvizsgálatokkal kimutatott nagy különbségeket. A nem erodált talajon elért termést 100-nak véve, közepesen erodálton 40,3; erősen erodálton 22,3% volt a termés. Az eróziós fokozatok közötti különbség a nagyadagú



5. táblázat

A trágyázás hatása a vizsgált csernozjom talajokon a tavaszi árpa és hajdina termésére (g/edény)

(1) Kezelések	(2) Nem		(3) Közepesen		(4) Erősen		SzD <sub>5%</sub>
	erodált						
	(5) Árpa	(6) Hajdina	(5) Árpa	(6) Hajdina	(5) Árpa	(6) Hajdina	
Kontroll	27,8	9,3	11,2	5,6	6,2	3,6	
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	35,5	8,9	8,8	6,2	6,0	4,4	
P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	27,8	6,3	15,8	5,4	20,3	4,6	
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	55,3	9,6	41,1	6,3	42,2	4,8	
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	59,7	11,9	46,1	8,1	40,7	4,6	
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	62,4	10,7	44,8	8,0	50,2	6,2	
SzD <sub>5%</sub>	9,0	3,0	4,7	2,0	8,4	2,2	
L <sub>N</sub>	16,0		15,1		10,2		3,6
Q <sub>N</sub>	—23,1		—20,3		—23,5		12,3
L <sub>P</sub>	13,5		18,0		22,1		3,6
Q <sub>P</sub>	—12,7		—28,6		—28,3		12,3

trágyázás hatására (N<sub>1</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>) sem szűnt meg, csak módosult: 100 — 71,7 — 80,4-re. Viszont a trágyázás hatékonyságát mutatja, hogy egyedül trágyázással a nem erodált talajon az árpa termését a kontroll termésének a kétszeresére, közepesen erodálton négy-, illetve erősen erodált talajon kb. nyolcszorosára növeltük. A káliummal adott nitrogén vagy foszfor hatása változó. Hol némileg növelte, hol csökkentette a termést, vagy nem változott. Az NPK együttes alkalmazásának hatékonysága nyilvánvaló.

A rendkívül nagy trágyahatásoknak tudható be, hogy a kezeléshatások F-próbája mindkét évben, mindhárom talajféleségen és együttesen is erősen szignifikáns volt. A kezeléshatások növényenként (évenként) és talajonként is szignifikánsan változtak. Így a kísérlet első évében a trágyázatlan kontroll és a P-hiányos műtrágyázás az erodált fokozatokon sokkal rosszabb eredményt adott, mint a nem erodált talajon. A P-adagolás esetén a különbségek jelentősen csökkentek — bár így is szignifikánsan kisebb termést adtak. Ennek megfelelően a műtrágyahatások a kontrollhoz, valamint az N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> kezeléshez viszonyítva, az erodált talajokon jelentősen nagyobbak.

A regresszió analízisből megállapítottuk, hogy a nitrogén lineáris hatása (L<sub>N</sub>) erősen erodált talajon szignifikánsan kisebb. A foszfor átlagos hatékonysága (L<sub>P</sub>) éppen ellenkezőleg — annál nagyobb volt, minél erősebben erodálódott a talaj. A hatékonyság csökkenését kifejező kvadratikus komponens (Q<sub>P</sub>) viszont a nem erodált talajon volt a legkisebb.

A kísérlet második évében (utóhatás) hajdinán megfigyelt törvényszerűségek alátámasztják — némileg módosulva — az első évi megállapításokat. Lényegében változatlanul megmaradtak a különféle erodáltsági fokozatok effektív termékenységeiben mutatkozó különbségek, a trágyázás hatására azonban már csak kis termésmnövekedéseket állapítottunk meg, ami arra utal, hogy a trágyázások utóhatása kicsi, s nagy termések elérése céljából — különösen erodált talajokon — évente kell nagyadagú trágyázást végezni.

6. táblázat

A tavaszi árpa N-,  $P_2O_5$ - és  $K_2O$ -tartalma a száraz anyag %-ában

(1) Kezelések	N		$P_2O_5$		$K_2O$	
	(2) Szem	(3) Szalma	(2) Szem	(3) Szalma	(2) Szem	(3) Szalma
<i>a) Nem erodált talaj</i>						
1. Trágyázatlan	1,60	1,04	0,76	0,38	0,54	1,77
2. $N_1K_1$	1,56	1,11	0,57	0,26	0,35	1,85
3. $P_1K_1$	1,65	1,58	0,72	0,52	0,61	2,05
4. $N_1P_1K_1$	1,52	0,82	0,76	0,22	0,47	1,63
5. $N_2P_1K_1$	1,78	1,12	0,72	0,29	0,38	1,83
6. $N_1P_2K_1$	1,70	0,96	0,90	0,26	0,57	1,90
<i>b) Közepesen erodált talaj</i>						
1. Trágyázatlan	1,86	1,24	0,80	0,29	0,52	1,78
2. $N_1K_1$	1,73	1,48	0,62	0,29	0,53	2,44
3. $P_1K_1$	1,60	1,14	0,90	0,41	0,64	1,80
4. $N_1P_1K_1$	1,62	0,90	0,72	0,22	0,43	1,79
5. $N_2P_1K_1$	2,08	0,98	0,76	0,26	0,46	2,05
6. $N_1P_2K_1$	1,70	0,70	0,80	0,25	0,50	1,79
<i>c) Erősen erodált talaj</i>						
1. Trágyázatlan	1,94	1,26	0,80	0,29	0,56	1,67
2. $N_1K_1$	1,82	1,44	0,85	0,26	0,54	2,04
3. $P_1K_1$	1,52	1,24	0,76	0,32	0,65	1,68
4. $N_1P_1K_1$	1,45	0,80	0,76	0,20	0,47	1,73
5. $N_2P_1K_1$	1,68	1,00	0,80	0,29	0,56	1,84
6. $N_1P_2K_1$	1,68	0,86	0,72	0,26	0,49	1,67

Az utóhatás-vizsgálatban mindezek ellenére a nem erodált talajon a nitrogéntrágyázás átlagos hatékonysága ( $P_1K_1$  depresszió!) erősen szignifikánsan megmutatkozott. Kisebb volt a közepesen erodált talajon, az erősen erodálton pedig már nem volt kimutatható. A három talajféleség átlagában erősen szignifikáns pozitív foszforhatást találtunk, ami azonban talajféleségenként nem változott s csak gyengén volt szignifikáns.

A 6. és 7. táblázatban az árpa, ill. hajdina beltartalmi vizsgálatainak eredményeit közöljük. Ezek közül különös figyelmet érdemelnek a kontrollok adatai, melyek szerint az erodáltság mértékének növekedésével következetesen nő a föld feletti termés összes nitrogéntartalma. A  $P_2O_5$ -tartalom vonatkozásában a helyzet általában fordított. Erősebben erodált talajon csökken a növény foszfortartalma. Hasonló tendenciát mutat a  $K_2O$ -tartalom is, különösen a  $P_1K_1$ -kezelésekben.

Minél erősebben erodálódott a talaj, annál kisebb terméseket értünk el s ennek megfelelően csökkent a terméssel kivont tápanyagok össz mennyisége is (8. táblázat).

A trágyázási kezelésektől függően azonban szembetűnő, hogy a foszforadaggal együtt nőtt a kivont nitrogén mennyisége s ez a jelenség az erősebben erodált fokozatokban jobban megmutatkozik. Lényegében ugyanez mondható el a terméssel kivont  $K_2O$ -ról is. A foszforadag növelése a kivont  $P_2O_5$  mennyiségét lényegesen nem befolyásolta.



7. táblázat

A hajdina N-,  $P_2O_5$ - és  $K_2O$ -tartalma a száraz anyag %-ában

(1) Kezelések	N		$P_2O_5$		$K_2O$	
	(2) Szem	(3) Szalma	(2) Szem	(3) Szalma	(2) Szem	(3) Szalma
<i>a) Nem erodált talaj</i>						
1. Trágyázatlan	1,0	0,73	0,70	0,25	1,05	2,49
2. $N_1K_1$	1,03	0,67	0,74	0,25	0,84	2,37
3. $P_1K_1$	1,37	0,83	0,76	0,55	0,91	2,49
4. $N_1P_1K_1$	0,94	0,43	0,84	0,58	1,05	3,10
5. $N_2P_1K_1$	1,08	0,70	0,73	0,51	0,84	2,85
6. $N_1P_2K_1$	1,20	0,80	0,78	0,64	0,87	2,64
<i>b) Közepesen erodált talaj</i>						
1. Trágyázatlan	1,19	0,87	0,55	0,17	0,77	2,34
2. $N_1K_1$	1,21	0,81	0,58	0,17	0,84	2,23
3. $P_1K_1$	1,34	1,07	0,70	0,40	0,87	2,45
4. $N_1P_1K_1$	1,17	0,77	0,68	0,36	0,80	2,41
5. $N_2P_1K_1$	1,38	0,89	0,70	0,28	0,87	2,12
6. $N_1P_2K_1$	1,36	0,63	0,70	0,46	0,84	2,49
<i>c) Erősen erodált talaj</i>						
1. Trágyázatlan	1,38	1,00	0,63	0,25	0,94	2,60
2. $N_1K_1$	1,32	1,00	0,60	0,25	0,94	2,19
3. $P_1K_1$	1,15	0,80	0,64	0,36	0,87	2,30
4. $N_1P_1K_1$	1,32	0,77	0,76	0,33	0,87	2,92
5. $N_2P_1K_1$	1,15	0,73	0,69	0,30	0,91	2,64
6. $N_1P_2K_1$	1,25	0,70	0,82	0,45	0,84	2,57

8. táblázat

Két év termésével kivont tápanyagok csernozjom talajokon (mg/edény)

(1) Kezelések	(2) Nem erodált			(3) Közepesen erodált			(4) Erősen erodált		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Kontroll	434	197	501	218	76	230	138	46	145
$N_1K_1$	542	185	565	228	59	245	220	42	172
$P_1K_1$	517	217	507	269	122	308	333	130	327
$N_1P_1K_1$	709	335	791	584	228	554	515	222	573
$N_2P_1K_1$	947	362	920	783	268	722	577	238	582
$N_1P_2K_1$	910	426	975	586	268	681	689	278	666

A különböző kezelésekből különböző időpontokban vett talajminták vizsgálati eredményei közül az ásványi nitrogén változásait bemutató adatokat közöljük. A 9. táblázatban a trágyázatlan talajok ammónia-formáinak adatai találhatók (az összes ásványi nitrogén %-ában a nitrátok is benn foglaltnak). Ezek szerint a kicserélhető és kötött ammónia-N mennyisége a kísérlet folyamán csökkent, vagyis a talaj szerves nitrogénjének ásványosodási üteme a kívánatos mérték alatt maradt s nem tudta pótolni a termékkel

9. táblázat

A nem műtrágyázott csernozjom talajok  $\text{NH}_4^+$ -N-tartalmának változásai (mg/100 g talaj)

(1) N-formák	(2) Évszak	(3) Nem erodált		(4) Közepesen erodált		(5) Erősen erodált	
		1973	1974	1973	1974	1973	1974
a) Kicserélhető $\text{NH}_4^+$ -N	I	1,00	1,00	0,60	0,65	0,60	0,50
	II	0,20	ny	0,35	ny	0,30	ny
b) Kötött $\text{NH}_4^+$ -N	I	20,00	18,00	18,40	16,30	18,90	16,00
	II	18,80	16,00	17,65	15,50	17,70	15,00
c) Összes ásványi-N	I	21,30	18,74	19,24	17,15	20,00	16,68
	II	19,10	16,26	18,00	15,78	18,02	15,18

I = tavasz; II = ősz

kivont összes nitrogént. Úgy tűnik, ez a tendencia független a talajok erodáltságától.

Annál érdekesebb megfigyelések tehetők a 10. táblázat adatai alapján. A nitrogénmentes PK-trágyázás hatására az erodáltabb fokozatokban nagyobb ammónia-N csökkenés figyelhető meg, mint a nem erodált talajon. Azonos

10. táblázat

Csernozjom talajok kötött  $\text{NH}_4^+$ -N-tartalmának csökkenése a trágyázási kezelésektől függően 1974-ben (mg/100 g talaj)

(1) Erodáltság mértéke	(2) Trágyázási kezelések 1973. tavaszán					
	Kontroll	$\text{N}_1\text{K}_1$	$\text{P}_1\text{K}_1$	$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$	$\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_1$	$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_1$
a) Nem erodált	2,80	2,15	1,80	1,60	3,60	3,50
b) Közepesen erodált	2,15	1,70	2,60	2,15	2,63	4,58
c) Erősen erodált	2,70	2,45	4,00	3,75	1,78	3,78

hatóanyag-tartalmú nitrogén kiegészítés ezt a képet nem változtatta meg. Nagyadagú nitrogéntrágyázás esetén a nem erodált talaj ammónia-N-készletének felhasználása határozottan nőtt, míg az erősen erodált fokozatban — úgy tűnik — a kisebb termés elérését az előző évi trágya utóhatása is biztosította. Nagyadagú P-trágyázás mindhárom talajon növelte a talajok kötött ammónia-N-tartalmának felhasználását.

Ezúton is kifejezem köszönetemet a MTA és a SZUTA Elnökségének, valamint V. A. KOVDA akadémikus, igazgatónak e munka elvégzéséhez nyújtott segítségükért.

## Összefoglalás

A Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Agrokémiái és Talajtani Intézetében 2 éven át végzett kísérletek és vizsgálatok alapján, különböző mértékben erodált típusos csernozjom talajokon a következő megállapításokra jutottunk:

1. A csernozjom talajok humusztartalma erózió következtében rendkívüli mértékben csökkenhet, a humuszképződés üteme messze elmarad a veszteségek ütemétől. Változik a humusz minősége is.

2. Lényegesen csökken a feltalaj összes N-tartalma. Jelentősen szűkül a C:N arány. A nitrogéntartalom csökkenése elsősorban a humusz- és kolloid anyagokhoz lazán kötött nitrogénvegyületekben nagy.

3. Típusos csernozjom talajon az erodáltság fokozódásával jelentősen csökken a felvehető  $P_2O_5$  mennyisége. Vizsgálataink szerint ez összefügg a karbonáttartalom növekedésével is.

4. A nitrogén és foszfor mennyiségénél kisebb mértékben változik — csökken — a talajok felvehető  $K_2O$ -mennyisége.

5. Az erősebben erodált fokozatokban nőtt a talajok pH-ja, telítettsége és csökkent adszorpciós kapacitása. Megváltozott mechanikai alkotóelemeinek részaránya. Csökkent az iszapfrakció mennyisége és nőtt a homoké. Nőtt a fizikai agyag- és csökkent a leiszapolható rész mennyisége.

6. Trágyázással a kísérlet első évében a terméseket 2—4—8-szorosára növeltük. A nitrogéntrágyázás csak foszfor adagolása esetén érvényesült az erősen erodált talajon valamivel erősebb mértékben, mint a másik két változaton. A foszfortrágyázás nem erodált talajon csak nitrogén mellett, az erodált fokozatokon nitrogén nélkül is érvényesült. Minél erősebben erodálódott a csernozjom, annál jobban meghálálta a foszfortrágyázást.

7. Az utóhatás-vizsgálat lényegében megerősítette a trágyázással kapcsolatos első évi megfigyeléseket, azonban arra is rámutatott, hogy erodált talajokon, nagy termések elérése érdekében, évente rendszeresen nagyadagú trágyázást kell végezni.

8. Nem erodált talajon a növények %-os nitrogéntartalma kisebb, foszfor- és káliumtartalma pedig nagyobb volt, mint az erodált fokozatokban.

Trágyázási kezeléseink utóhatásaként eltérően változott a talajok kötött ammónia-N-jének felhasználása.

## Irodalom

- [1] Agrohimicseszkie metodü isszledovannija pocsv. Red. Szokolov A. V. Izd. Nauka. Moszkva, 1965.
- [2] ALBERDA, T.: Nitrogen fertilization of grassland and the quality of surface. Stikstof. 15. 45—51. 1972.
- [3] BARNETT, A.: Agriculture and a quality environment. J. Soil Wat. Conserv. 27. 104. 1972.
- [4] BENNETT, H.: Elements of soil conservation. McGraw-Hill. New York. 1947.
- [5] DAVIS, V.: Economics of fertilizer use by U. S. farmers—productivity of the environment. Environmental Quality Safety (2) 260—270. 1973.
- [6] DORST, J.: Do togo, kak umrjet priroda. Izd. Progressz. Moszkva. 1968.
- [7] HORNING, H.: Water erosion as it affects agriculture. Internat. Water Erosion Symp. Proc. I. Praha. 3—19. 1970.
- [8] KUDEJAROV, V. N.: Kolorimetrieszkoe opredelenie nitrátov v pocsvah metodom voosztanovlenija do amniaka. Agrohimija (1) 102—106. 1969.

- [9] KUDEJAROV, V. N.: K metodike opredelenija obsego azota v pocsvah i rasztenijah. *Agrohimiya* (11) 125–127. 1972.
- [10] KUDEJAROV, V. N. & POTKIN, A. I.: K metodike opredelenija fikszirovannogo ammonija v pocsva. *Agrohimiya* (11) 132–138. 1971.
- [11] LIPMAN, I. & CONIBEAZE, A.: Preliminary note on the inventory and balance sheet of plant nutrients in the U. S. New Jersey Agr. Exp. Sta. Bull. (1) 607. 1936.
- [12] OLSON, R. A.: Effects of intensive fertilizer use on the human environment. *FAO Soils Bull.* (1) Roma. 1972.
- [13] PHILLIPS, C.: Environmental concerns in conservation planning. *Soil Conserv.* 38. (6) 120–122. 1973.
- [14] POLJAKOV, B. V.: *Gidrologiceszkie isszledovanija Nizsnej Volgi.* Goszsztrojizdat. Moszkva. 1938.
- [15] PUSZTAI, A.: Az erodált talajok termékenysége és trágyázása. *Agrokémia és Talajtan.* 23. 223–230. 1974.
- [16] SZOBOLJEV, Sz. Sz.: Razvitie erozionnüh processzov na territorii Evropejszkoj csaszty SzSzSzR i bor'ba sz nimi. *Izd. AN. SzSzSzR.* Moszkva–Leningrad. 1948.
- [17] SZOBOLJEV, Sz. Sz.: Erozija pocsv v SzSzSzR i bor'ba sz neju. *Izd. Moszk. Leszotechn. Inst.* Moszkva. 1973.
- [18] TATEVOSZJAN, G. Sz. & VALDERS, R. M.: Dosztupnoszti pocsvennogo foszfora i kalija v zavimoszti ot himikomineralogiceszskogo szosztava mechaniceszkih frakcii pocsv i porod. *Tr. X. Mezsdunarodno. Kongr. pocsvovedov.* 4. 321–326. 1974.
- [19] WADLEIGH, C. H.: Wastes in relation to agriculture and forestry. *USDA Misc. Publ.* 1065. 112. 1968.

*Érkezett: 1975. március 17.*

## Study on the Productivity and Fertilizing of an Eroded Chernozem Soil

A. PUSZTAI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

### Summary

Erosion and deflation decrease soil fertility, moreover, they pollute the environment in different ways. The sedimentation of erosion products may damage the vegetation by covering it. Nitrogen, phosphorus and potassium compounds may get into rivers and standing waters often causing eutrophication. Especially dangerous may be the translocation of manure, as well as of carcinogen and biocide agents.

The aim of the present study was to follow the changes in the nutrient dynamics of typical chernozem soils eroded in various degrees and to re-establish the nutrient balance by means of mineral fertilizers.

The experimental results indicated the following:

1. The humus content of chernozem soils may decrease significantly and the losses cannot be replaced readily owing to the slower rate of humus formation.
2. There was a significant decrease in the total N content of the arable layer, especially in the N compounds loosely bound to the humic and colloid substances. The C/N ratio became narrower, too.
3. With increasing erosion the amount of available  $P_2O_5$  decreased considerably while the carbonate content increased.
4. The amount of available  $K_2O$  diminished as well, though to a lesser extent than that of N and P.
5. Due to erosion, the pH values and the saturation degree increased, the adsorption capacity decreased. There was a change in the grain size distribution, too.
6. In the first year of the experiment crop yields increased by 2–4–8 times merely as a response to mineral fertilizing. N fertilizers were effective only together with P; their effectiveness was somewhat less on the strongly eroded soil. On the non-eroded

soil P was effective only in conjunction with N, on the eroded varieties also without it. The more eroded a chernozem soil was, the better it responded to P fertilizing.

7. The results concerning the residual effects confirmed the observations made in the first year. The obtained data indicated the necessity of using high fertilizer rates annually in order to achieve higher yields on eroded chernozem soils.

8. On the non-eroded soil the plants' N content was lower and their P and K contents higher. The residual effects of fertilizers were reflected also in the difference between the fixed  $\text{NH}_4\text{-N}$  contents of the studied soils.

*Table 1.* Humus and nutrient contents of chernozem soils as affected by the degree of erosion. (1) Degree of erosion: a) non-eroded, b) moderately eroded and c) strongly eroded soil. (2) Humus, %. (3) Total N, %. Determined according to (4) Tchirikov and (5) with the AL-method.

*Table 2.* Distribution of the mineral N content in chernozem soils as affected by the degree of erosion. (1) Degree of erosion: see Table 1. (2) Exchangeable  $\text{NH}_4\text{-N}$ . (3) Fixed  $\text{NH}_4\text{-N}$ . (4) Total mineral N.

*Table 3.* Chemical properties of the studied chernozem soils. (1) Degree of erosion: see Table 1. (2) Exchangeable cations.

*Table 4.* Grain size distribution of chernozem soils (treatment with pyrophosphate). (1) Degree of erosion: see Table 1. (2) Mechanical fraction, mm %. (3) Physical sand and clay, %.

*Table 5.* Effect of fertilizers on the yields of summer barley and buckwheat, g/pot. (1) Treatments (base doses: N, P, K 150 mg/kg soil). (2) Non-eroded, (3) moderately eroded and (4) strongly eroded soils. (5) Barley. (6) Buckwheat.

*Table 6.* N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$  contents of summer barley in dry matter percentage. (1) Treatments: a) non-eroded, b) moderately eroded and c) strongly eroded soils. (2) Grain. (3) Straw.

*Table 7.* N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$  contents of buckwheat in dry matter percentage. Captions: see Table 6.

*Table 8.* Total nutrient amounts extracted by the yield in two years, mg/pot. (1) Treatments. (2) Non-eroded, (3) moderately eroded and (4) strongly eroded soils.

*Table 9.* Changes in the  $\text{N}_\text{T}\text{-N}$  contents of non-fertilized chernozem soils, mg/100 g soil. (1) N form. (2) Season: I. Spring. II. Autumn. (3) Non-eroded, (4) moderately eroded and (5) strongly eroded soils. a) Exchangeable  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; b) fixed  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; c) total mineral N.

*Table 10.* Decrease in the fixed  $\text{NH}_4\text{-N}$  contents of chernozem soils due to fertilizing, mg/100 g soil (1974). (1) Degree of erosion: see Table 1. (2) Fertilizing, spring 1974.

*Fig. 1.* Humus quality and humus stability values of chernozem soils. Wave length:  $\mu\text{m}$ . a) non-eroded; b) moderately eroded and c) strongly eroded soils.

## Untersuchung der Fruchtbarkeit und der Düngung auf einem erodierten Tschernosemboden

A. PUSZTAI

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

### Zusammenfassung

Durch die Erosion und Deflation wird nicht nur die Fruchtbarkeit der Böden herabgesetzt, sondern die Umwelt auch andersartig geschädigt. Durch die Ablagerung (Sedimentation) der Erosionsprodukte werden die Pflanzen vernichtet. Stickstoff, Phosphor, Kalium, usw. gelangen in die Gewässer, wo sie nicht selten eine Eutrofikation hervorrufen können. Besonders gefährlich ist es, wenn mit den Erosionsprodukten Dünger-, biocid- oder karzinogene Stoffe mitgeführt werden.

Ziel der Untersuchungen war in erster Reihe die Verfolgung der in dem Nährstoffhaushalt eines erodierten typischen Tschernosembodens vor sich gehenden Änderungen, sowie die Wiederherstellung des Gleichgewichtes durch Mineraldüngung.

Die wichtigsten Ergebnisse sind die folgenden:

1. Der Humusgehalt der Tschernosemböden kann als Folge der Erosion in grossem Masse herabsinken und die Geschwindigkeit der Humusbildung bleibt weit hinter dem Ausmass der Verluste zurück.

2. Der gesamte N-Gehalt der Ackerkrume nimmt bedeutend ab. Trotzdem wird das C:N-Verhältnis erheblich enger. Die N-Abnahme tritt in erster Reihe in den an die Humusstoffe und Kolloide locker gebundenen N-Verbindungen auf.

3. Die Menge des aufnehmbaren  $P_2O_5$ -s geht auf dem typischen Tschernosemboden mit dem Fortschritt der Erosion stark zurück. Dies hängt auch mit dem Anstieg des Karbonatgehaltes zusammen.

4. Die Menge des aufnehmbaren  $K_2O$ -s vermindert sich auch, obwohl in einem geringeren Ausmass, als diejenige des Stickstoffes und Phosphors.

5. Mit dem Anstieg des Erosionsgrades nahm auch der pH-Wert und der Sättigungsgrad der Böden zu, die Absorptionskapazität ging aber zurück. Auch die Körnung veränderte sich.

6. In dem ersten Jahr des Versuches gelang es die Erträge allein durch Anwendung von Mineräldüngern auf das 2–4–8-fache zu erheben. Stickstoffdünger wiesen im allgemeinen nur neben Phosphordüngung eine Wirkung auf; und zwar auf dem stark erodierten Boden in einem etwas geringeren Ausmass, als auf den anderen zwei Varianten. Die Phosphordünger zeigten auf nicht erodiertem Tschernosemboden nur neben Stickstoffdüngung eine Wirkung, auf den erodierten Varianten aber auch ohne Stickstoff. Je weiter die Erosion des Tschernosembodens fortgeschritten war, um so erfolgreicher war die Phosphordüngung.

7. Die Untersuchung der Nachwirkung bestätigte die Ergebnisse des ersten Jahres, machte aber gleichzeitig auch darauf aufmerksam, dass im Falle von erodierten Tschernosemböden jährlich grosse Düngergaben verabreicht werden müssen, um hohe Erträge zu erreichen.

8. Der Stickstoffgehalt der Pflanzen war geringer, der Phosphor- und Kaliumgehalt aber grösser bei den nicht erodierten Bodenvarianten, als bei den erodierten. Als Nachwirkung der Düngung war die Verringerung der untersuchten Böden an gebundenem  $NH_4$ -N unterschiedlich.

Tab. 1. Humus- und Nährstoffgehalt von Tschernosemböden in Abhängigkeit des Erosionsgrades. (1) Erosionsgrad: a) nicht erodiert; b) mittelmässig erodiert; c) stark erodiert. (2) Humusgehalt, %. (3) Gesamter N-Gehalt, %. (4) Bestimmt nach Tschirikow. (5) Bestimmt mit der AL-Methode.

Tab. 2. Verteilung des anorganischen Stickstoffgehaltes der Tschernosemböden in Abhängigkeit des Erosionsgrades. (1) Erosionsgrad (s. in Tab. 1.). (2) Austauschbares  $NH_4^+$ -N. (3) Gebundenes  $NH_4^+$ -N. (4) Gesamter anorganischer Stickstoff.

Tab. 3. Chemische Eigenschaften der untersuchten Tschernosemböden. (1) Erosionsgrad (s. in Tab. 1.). (2) Austauschbare Kationen.

Tab. 4. Körnung der Tschernosemböden (Vorbereitung mit Pyrophosphat). (1) Erosionsgrad (s. in Tab. 1.). (2) Mechanische Fraktion, %. (3) Physischer Sand und Ton, %.

Tab. 5. Düngerwirkung auf den Ertrag von Sommergerste und Rispenhirse auf erodierten Tschernosemböden, g/Gefäss. (1) Varianten (Grunddosis: N, P, K 150 mg Wirkstoff/kg Boden). (2) Nicht erodiert. (3) Mittelmässig erodiert. (4) Stark erodiert. (5) Gerste. (6) Rispenhirse.

Tab. 6. N-,  $P_2O_5$ - und  $K_2O$ -Gehalt der Sommergerste als Prozent der Trockensubstanz. (1) Varianten: a) nicht erodiert; b) mittelmässig erodiert; c) stark erodiert. (2) Korn. (3) Stroh.

Tab. 7. N-,  $P_2O_5$ - und  $K_2O$ -Gehalt des Rispenhirsches als Prozent der Trockensubstanz. Bezeichnungen s. unter Tab. 6.

Tab. 8. Durch den Ertrag entzogene gesamte Nährstoffmenge in den zwei Versuchsjahren, mg/Gefäss. (1) Varianten. (2) Nicht erodiert. (3) Mittelmässig erodiert. (4) Stark erodiert.

Tab. 9. Änderungen in dem  $NH_4$ -N-Gehalt der ungedüngten Tschernosemböden, mg/100 g Boden. (1) N-Formen. a) Austauschbarer  $NH_4^+$ -N; b) Gebundener  $NH_4^+$ -N; c) Gesamter anorganischer N. (2) Jahreszeit: I. Frühjahr. II. Herbst. (3) Nicht erodiert. (4) Mittelmässig erodiert. (5) Stark erodiert.

Tab. 10. Abnahme des gebundenen  $NH_4^+$ -N-Gehaltes von Tschernosemböden in Abhängigkeit der Düngungsvarianten im Jahre 1974, mg/100 g Boden. (1) Erosionsgrad (s. in Tab. 1.). (2) Düngungsvarianten im Frühjahr 1973.

Abb. 1. Humusqualität und Humusstabilitätswerte der Tschernosemböden. Wellenlänge (m $\mu$ ). a) Nicht erodiert. b) Mittelmässig erodiert. c) Stark erodiert.



## Плодородие эродированного чернозема и внесение удобрений

А. ПУСТАИ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии ВАН, Будапешт

### Резюме

Эрозия и дефляция не только снижают почвенное плодородие, но переотложенный материал (седиментация) может быть причиной уничтожения растительности; азот, фосфор, калий и другие элементы, сносимые в реки и водоемы могут быть источниками их загрязнения и нередко приводят к эвтрофизму. Особенно это опасно тогда, когда с продуктами эрозии переносятся удобрения, бициды и карцеогенные вещества.

Целью данных исследований было изучить изменение содержания питательных элементов в эродированном типичном черноземе и восстановить нарушенное равновесие путем внесения минеральных удобрений.

На основании результатов исследований можно сделать следующие основные заключения:

1. В процессе эрозии содержание гумуса в черноземах в значительной степени снижается и темп гумусообразования далеко отстает от темпа его снижения.

2. В значительной мере снижается содержание общего азота в верхнем пахотном слое почвы. Становится более узким соотношение С: N. Особенно значительно снижение азота в азотных соединениях, рыхлосвязанных с гумусовыми и коллоидными веществами.

3. С повышением степени эродированности типичных черноземов в значительной степени снижается содержание усвояемой  $P_2O_5$ , что связано с повышением содержания в почве карбонатов.

4. В меньшей степени, по сравнению с уменьшением содержания фосфора и азота, изменяется, уменьшается содержание  $K_2O$ .

5. С увеличением степени эродированности увеличиваются значения pH, насыщенности почвы и снижается ёмкость поглощения. Изменяется и механический состав.

6. В первый год только внесением минеральных удобрений нам удалось повысить урожай сельскохозяйственных культур в 2—4—8 раз. Азотные минеральные удобрения оказались эффективными только на фоне внесения фосфорных минеральных удобрений; на сильно эродированных почвах в меньшей мере, чем на двух других разновидностях. Фосфорные минеральные удобрения на не эродированном черноземе были эффективными только при внесении азотных удобрений, а на черноземах различной степени эродированности эффективность от внесения фосфорных минеральных удобрений наблюдали и без внесения азотных удобрений. Чем выше была степень эродированности черноземов, тем эффективнее оказались фосфорные минеральные удобрения.

7. Изучение последствий подтвердило наши заключения, сделанные в первом году, и показало, что для получения высоких урожаев на эродированных черноземах необходимо ежегодное внесение высоких доз минеральных удобрений.

8. Содержание в растениях азота на не эродированных почвах было меньше, а фосфора и калия больше, чем на эродированных. Как последствие вариантов с внесением минеральных удобрений в различной степени изменялось использование фиксированного аммония.

Табл. 1. Содержание в почвах гумуса и питательных элементов в зависимости от степени эродированности почвы. (1) Степень эродированности: а) не эродированные почвы. б) средние эродированные почвы. в) сильно эродированные почвы. (2) Гумус в %. (3) Общий азот в %. (4) Фосфор и калий, определенный по Чирикову, (5) Определенный методом АЛ.

Табл. 2. Распределение содержания минерального азота в черноземах в зависимости от степени их эродированности (1). Степень эродированности (смотри таблицу 1). (2) Обменный  $NH_4^+-N$ . (3) фиксированный  $NH_4^+-N$ . (4) Общий минеральный азот.

Табл. 3. Химические свойства изученных черноземов. (1) Степень эродированности (смотри таблицу 1). (2) Обменные катионы.

Табл. 4. Механический состав изученных почв (предварительная обработка пирометром). (1) Степень эродированности (смотри таблицу 1). (2) Механические фракции мм %-ах. (3) Физический песок и физическая глина %.

Табл. 5. Влияние внесения минеральных удобрений на урожай озимого ячменя и гречихи на эродированных черноземах (г/сосуд). (1) Варианты (основные дозы N, P, K 150 мг действующего начала на кг почвы). (2) Не эродированная почва. (3) Средне эродированная почва. (4) Сильно эродированная почва. (5) Ячмень. (6) Гречиха.

Табл. 6. Содержание азота, фосфора и калия в озимом ячмене в %-ах на сухое вещество. (1) Варианты: а) не эродированная. б) средне эродированная. в) сильно эродированная почва. (2) Зерно. (3) Солома.

Табл. 7. Содержание азота, фосфора и калия в гречихе в %-ах на сухое вещество. обозначения смотри в таблице 6.

Табл. 8. Общее количество питательных элементов, вынесенных за два года урожаем на эродированных черноземах, мг/сосуд. (1) Варианты. (2) Не эродированная. (3) Средне эродированная. (4) Сильно эродированная.

Табл. 9. Изменение содержания аммонийного азота на удобренных черноземах. (1) Азот в мг/100 г почвы. (2) Время года: I. весна. II. осень. (3) Не эродированная почва. (4) Средне эродированная почва. (5) Сильно эродированная почва. а) Обменный  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ; б) фиксированный  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ; в) общий минеральный азот.

Табл. 10. Снижение содержания в черноземах фиксированного  $\text{NH}_4^+$  в зависимости от вариантов в 1974 году, в мг/100 г почвы. (1) Степень эродированности (обозначения смотри в таблице 1). (2) Варианты внесения удобрений весной 1973 г.

Рис. 1. Показатели качества и стабильности гумуса черноземов. Длина волны мц. а) Не эродированная почва. б) Средне эродированная почва. в) Сильно эродированная почва.